

Was ist „Leben“?¹

Zur metaphorischen Rahmung eines grundlegenden biologischen Konzepts in der Systembiologie

Martin Döring, Hamburg (Doering@metaphorik.de)

Regine Kollek, Hamburg (Kollek@uni-hamburg.de)

Abstract

Die erfolgreiche Analyse des menschlichen Genoms und anderer Genome in den vergangenen zwei Jahrzehnten führte zu einer methodischen Wende in den Lebenswissenschaften. Die Entwicklung von so genannten omics Ansätzen versucht nicht mehr nur Gene abzubilden, sondern zielt nun darauf ab, Gentranskriptionen und Proteinewege dynamisch zu erfassen. Die Systematisierung, Interpretation und Integration dieser neuen Daten in die Biologie machte einen Systemansatz notwendig, der jenseits linearer oder molekularbiologischer Konzepte ein interaktiveres Verständnis von Stoffwechsel- und Lebensprozessen favorisiert. Ausgehend von dieser Entwicklung untersucht der vorliegende Beitrag die wissenschaftlich metaphorische Rahmung des Lebensbegriffs durch deutsche Systembiolog*Innen. Die empirischen Ergebnisse zeigen, dass ein Konglomerat aus wissenschaftlich, technologisch und soziokulturell motivierten Metaphern den abstrakten Lebensbegriff konzeptualisiert. Diese metaphorische Systematik ist im Kontext eines ‚kritischen Metaphernassessments‘ von besonderem Wert, da durch die kritische Analyse implizite Vorannahmen im metaphorischen Denken über grundlegende wissenschaftliche Konzepte offengelegt und thematisiert werden können.

After the successful structural analysis of the human and other organisms' genomes, the last two decades witnessed a methodological shift in the area of research in the life sciences: The move into omics approaches aimed at capturing the totality not only of genes, but also of transcribed sequences and proteins. The systematisation, interpretation and integration of data produced required new concepts which go beyond a linear understanding of biological processes and moved on to a systems understanding of living entities. Taking this development seriously, the paper investigates the metaphorical framing of the basic notion of 'life' by German systems biologists to understand which scientific, technological, social and cultural imaginations engender it with meaning. The results show that an empirical analysis can be a starting point for the development of a 'critical metaphor assessment' which contributes to a better understanding of the implications nestling in the metaphorical reasoning about scientific concepts.

¹ Die Arbeit an diesem Beitrag wurde im Rahmen des vom BMBF geförderten Forschungsprojekts *Holistische Konzepte des Lebens: Erkenntnistheoretische und soziokulturelle Implikationen der Systembiologie* (Förderkennzeichen 01GP0904) durchgeführt.

“The mystery of life is not a problem to be solved
but a reality to be experienced.”
(Jacobus Johannes Leeuw, 1893-1934)

1. Die Systembiologie: Ein neues Forschungsfeld in der Biologie

Die Systembiologie stellt in der zeitgenössischen biowissenschaftlichen Forschungslandschaft einen relativ neuen Ansatz dar, der auf ein umfassenderes sowie wissenschaftliches Verständnis von Lebewesen und eine eingehende Analyse von komplexen Lebensprozessen abzielt. War die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts stark durch die Analyse molekularer Komponenten und exemplarischer biochemischer Prozesse geprägt, so widmet sich die Systembiologie heute der Erforschung des Zusammenspiels von Stoffwechselwegen, Zellen oder Organen auf unterschiedlichen Systemebenen. Im Zentrum des Ansatzes steht die Frage, wie biologische Eigenschaften, Funktionen oder Phänotypen durch die Interaktion zwischen Systemkomponenten und Organisationsebenen in Lebewesen, Organen, Zellverbänden oder einzelnen Zellen entstehen können. Ausgehend von diesem interaktiven und dynamischen Verständnis, wird in der Systembiologie eine stärkere Formalisierung biologischer Prozesse und Abläufe angestrebt, die ihre Modellierung am Computer ermöglichen soll. Dieser Anspruch zieht jedoch theoretische, methodische und forschungspraktische Veränderungen nach sich, die nicht nur ein anderes Verständnis biologischer Prozesse und Forschungsgegenstände mit sich bringen, sondern auch zu einer interdisziplinären Umgestaltung der Organisation, Durchführung und Anwendung biowissenschaftlicher Forschung führt. Generell betrachtet wirft die Einbeziehung datenintensiver und systemorientierter Ansätze und Technologien epistemische Fragen auf, die handlungspraktische, organisatorische, soziale, kulturelle, ethische, rechtliche und wissenschaftstheoretische Aspekte von systembiologischer Forschung berühren.

Ausgehend von diesen ersten Überlegungen erscheint es sinnvoll, sich der derzeit noch recht heterogen präsentierenden Disziplin Systembiologie aus der Perspektive Wissenschaftsforschung zu nähern. Untersuchungsgegenstand sind im vorliegenden Beitrag die erlebten, gelebten und wissenschaftlichen Erfahrungen und Alltagspraktiken von Systembiolog*Innen, um sich auf diese Art und Weise einen ersten Zugang zum Verständnis grundlegender Konzepte wie z.B. System, Interaktion, Stoffwechsel, Reduktionismus etc. zu erschließen.

Da sich ein solch umfassendes Unterfangen im Rahmen eines wissenschaftlichen Aufsatzes nicht darstellen lässt (vgl. Döring et al. 2016), konzentriert sich der vorliegende Beitrag auf die metaphorische Konzeptualisierung des zentralen und immer wieder kontrovers diskutierten biologischen Begriffs „Leben“ (Murphy und O’Neill 1997) in der Systembiologie. Die Bedeutung des Begriffes und seine Wahl als Untersuchungsgegenstand ist insofern relevant, als dass sich die Systembiologie die Aufgabe gestellt hat, die ultimative Frage ‚Was ist Leben?‘ (Schrödinger 1944; 2012) für die Systembiologie zu übersetzen bzw. neu zu formulieren (Breitling 2010). Der vorliegende Beitrag adressiert also die folgende Forschungsfrage: Mit welchen Metaphern wird der abstrakte Begriff des Lebens im Forschungsfeld der Systembiologie konzeptualisiert? Die Datengrundlage für die Analyse besteht aus leitfadengestützten Experteninterviews mit deutschsprachigen Systembiolog*Innen, die methodisch mit Hilfe einer kombinierten systematischen (Schmitt 2016) und kognitiv-onomasiologisch orientierten Metaphernanalyse (Jäkel 1997) analysiert wurden.

Bevor wir die Ergebnisse unserer Studie des Lebensbegriffs in der Systembiologie darstellen und diskutieren, möchten wir im folgenden Abschnitt eine kurze Einführung in die philosophische und wissenschaftstheoretische Diskussion biologischer Konzepte geben. Dieser Schritt ist notwendig, um einen aktuellen Einblick in diesen wissenschaftlichen Kontext zu geben und unsere Untersuchung zu situieren. Im Anschluss daran stellen wir unser Metaphernkonzept vor und erläutern die angewandte Methodik, bevor wir mit der Analyse repräsentativer Metaphern und metaphorischer Konzepte aus unserem Datenkorpus beginnen. Abschließend werden die Ergebnisse der Analyse zusammengefasst. Hier wird die heuristische Rolle und Relevanz von Metaphern für die semantische Konzeptualisierung des systembiologischen Lebensbegriffs dargestellt und vor dem Hintergrund wissenschaftssoziologischer Implikationen reflektiert. Dieser Aspekt ist wichtig, da sich die Systembiologie in den vergangenen Jahren trotz heterogener Methoden und theoretischer Divergenzen zu einem bedeutenden und massiv geförderten Wissenschaftsgebiet entwickelt hat (Kohl et al. 2010), das schon heute anwendungsbezogene biowissenschaftliche Forschung maßgeblich beeinflusst (Döring et al. 2016). Ihre metaphorisch konditionierte Konstitution von Untersuchungsgegenständen liegt jedoch weitestgehend im Dunklen und bedarf einer Technikfolgenabschätzung (Kollek und Döring 2012) im Sinne

eines Critical Metaphor Assessments (Mambrey und Tepper 2000; Döring 2014), wie wir es hier für den Lebensbegriff durchführen.

2. Biophilosophie und Systembiologie

Die Frage nach den philosophischen – und darunter den epistemischen – Dimensionen biologischer Forschung ist ein grundlegendes Thema der Biophilosophie (Sattler 1986), der Wissenschaftsforschung und Technikfolgenabschätzung. Inhaltlich ist diesen unterschiedlichen Forschungsfeldern gemein, dass sie jenseits theoretischer und methodischer Differenzen wissenschaftliches Wissen als erfahrungsbasiert, sozial strukturiert und kulturell konstituiert veranschlagen. In diesem Forschungskontext stellt die so genannte neue Biophilosophie (Köchy 2008) seit den 1970er Jahren eine Disziplin dar, die sich in Reaktion auf eine traditionell positivistisch ausgerichtete Wissenschaftsphilosophie ausbildete (Krohs und Toepfer 2005; Byron 2007) und eine kritisch reflexive Perspektive auf die wissenschaftliche Unternehmung Biologie entwickelte. Ihr Ziel besteht z.B. darin, die Struktur und den Inhalt biologischer Konzepte zu analysieren oder Erklärungen biologischer Phänomene im Hinblick auf ihre kulturellen, sozialen, ethischen und rechtlichen Implikationen zu prüfen. Der analytische Fokus lag zunächst auf „klassischen“ Themen wie Begriffen der evolutionären Biologie und der biologischen Systematik, bevor er sich in den 1970er und 1980er Jahren durch neue molekular- und experimentalbiologische Ansätze verschob: die grundlegende Frage bestand darin, ob unterschiedliche biologische Disziplinen konzeptionell auf die Molekularbiologie als vereinheitlichendes oder sogar übergreifendes Forschungsparadigma reduziert werden könnten.²

Anfang der 1990er Jahre begann mit der Etablierung der Gentechnik und den aufkommenden DNA-Sequenzierungstechniken die rasante methodische und technologische Entwicklung im Bereich der Lebenswissenschaften in Form von Hochdurchsatztechnologien, die ungeahnte Einblicke in genetische Strukturen und Funktionsabläufe eröffneten. Mit diesen wissenschaftlich-technischen Neuerungen entwickelten sich weitreichende ethische, soziale und rechtliche

² Wir können hier nur einen skizzenhaften Überblick über unterschiedliche Entwicklungen geben. Detaillierte Einblicke geben Sattler (1986); Sober (1993); Griffiths und Sterelny (1999); Hull und Ruse (2007); Ayala und Arp (2009).

Fragestellungen, die zum Gegenstand bioethischer und medizinethischer Forschung wurden.³ Gleichzeitig geriet das molekularbiologische Paradigma zunehmend in die Kritik (Morange 2000), da es aufgrund seiner reduktionistischen Epistemologie nicht die Mittel und Möglichkeiten bereitstellte, die im neuen Forschungsfeld der -omics produzierten Datenmengen zu analysieren. Für diese Problemlage bot die Systembiologie mit ihrer systembezogenen Heuristik und ihren computergestützten Modellierungsmethoden einen möglichen Ausweg an.

Ähnlich wie bei vergleichbaren Entwicklungen vorher, begann sich langsam ein Interesse unter Biophilosoph*Innen oder Wissenschaftsforscher*Innen für diese neue Art und Weise biologischer Forschung zu entfalten. So entwickelten z.B. O'Malley et al. (2005, 2007) erste konzeptionelle Überlegungen, wie die Systembiologie aus einer biophilosophischen und techniksoziologischen Perspektive untersucht werden könnte. Später erörterten Dupré und O'Malley (2007) wissenschaftsphilosophische Fragen der Metagenomik und deren Einfluss auf bestehende biologische Taxonomien und Ontologien. Grundlegend war in dieser ersten Forschungsphase auch der Beitrag von O'Malley und Dupré (2005: 1250), in dem die theoretische Fundierung der Systembiologie im Hinblick darauf, was ein System ist und welche Kausalitäten auf welchen Systemebenen arbeiten, untersucht wurde.

Auf diese Arbeiten aufbauend beschäftigten sich in den vergangenen Jahren Wissenschaftssoziolog*Innen vermehrt mit epistemologischen Fragen im Kontext interdisziplinär ausgerichteter systembiologischer Forschung (Calvert und Fujimura 2011), während Fragen nach epistemischen Kulturen in der Systembiologie entwickelt wurden (Kastenhofer 2013).⁴ Die Analyse kritischer Aspekte und impliziter Vorannahmen datengetriebener Forschung (Calvert und Joly 2011) wurde ebenso in Angriff genommen wie die Untersuchung

³ Beispiele für Arbeiten zu diesem wichtigen Arbeitsfeld sind z.B. Marteau und Richards (1996), Tutton und Corrigan (2004) sowie Forgó et al. (2010).

⁴ Der Begriff der epistemischen oder auch Wissenschaftskulturen bezieht sich auf die Frage, wie unterschiedliche Wissenschaften Wissen herstellen. Das Konzept bezieht sich auf die Überlegung, dass wissenschaftliche Disziplinen über unterschiedliche und miteinander verbundene wissenschaftliche und soziale Rationale verfügen, die die disziplinäre Identität, die Art und Weise Wissenschaft zu betreiben sowie das entstehende wissenschaftliche Wissen mitbestimmen (Knorr-Cetina 1999).

disziplinärer und konzeptioneller Grenzziehungen zwischen Molekular- und Systembiologie (de Backer et al. 2010). Ofrans (2008) Forschung widmete sich weiterführend emergentistischen sowie reduktionistischen Konzepten in der Molekular- und Systembiologie, die zum ersten Mal mit Fujimuras (2005) und Ouzounis und Mazières (2006) Beiträgen zur erkenntnisleitenden Rolle von Metaphern im Kontext post-genomischer und systembiologischer Forschung genauer in den Blick kamen. Fachhistorisch untersuchte Fox Keller (2002) wiederum die Genese divergierender und konvergierender biologischer Konzepte in der synthetischen Biologie und in der Systembiologie. Sie unterstrich in ihrer umfassenden Studie die Relevanz konstitutiver Metaphern und Modellvorstellungen für die Analyse biologischer Beobachtungs- und Messdaten. Zu den Beiträgen, die systembiologische Konzepte explizit zum Gegenstand wissenssoziologischer (Green und Wolkenhauer 2012; O'Malley und Soyer 2012; Leonelli 2013) und wissenschaftsphilosophischer (Brigandt 2010, 2013a, 2013b; Plutynski 2013) Untersuchungen machen, gehören die Analysen des Integrationsbegriffs in der Systembiologie. Sie verdeutlichen, wie er innerhalb der systembiologischen Fachgemeinschaft diskutiert wird, welche Bedeutungen ihm zugeschrieben werden und welche forschungspraktischen Implikationen sich aus den unterschiedlichen Semantiken des Integrationsbegriffs ergeben (McLeod und Nersessian 2013). Genau an diesem Punkt schließt unser Beitrag an, indem er die metaphorische Konzeptualisierung des Begriffs „Leben“ in der Systembiologie empirisch analysiert. Eine vergleichbare Analyse ist bisher für die Systembiologie noch nicht durchgeführt worden und bedarf eines theoretisch und methodisch fundierten Ansatzes, der im folgenden Abschnitt dargestellt wird.

3. Metapherntheorie und Wissenschaftsforschung: Theoretische und methodische Aspekte

Metaphern stellen für die Wissenschaftsforschung ein wichtiges Forschungswerkzeug dar (Brown 2008; Katherndahl 2014). Zahlreiche in diesem Bereich tätige Wissenschaftler*Innen haben immer wieder auf die konstitutive Rolle metaphorischen Denkens und Sprechens für wissenschaftliches Arbeiten hingewiesen und dies in den vergangenen Jahren vor allem anhand der Analyse

von Metaphern in der biomedizinischen Forschung verdeutlicht.⁵ Entsprechend stellt sich für den hier analysierten Kontext der Systembiologie die Frage, welche sprachlichen und konzeptuellen Metaphern den Begriff „Leben“ semantisch strukturieren und inwiefern die Implikationen dieser metaphorischen Durchdringung Forschungskonzepte und -praxen beeinflussen. Für eine solche Analyse bietet sich die von George Lakoff und Mark Johnson (1980) entwickelte kognitive Metapherntheorie an. Ihr erfahrungsbezogener Ansatz basiert auf der wichtigen Annahme, dass sich physische, soziale und kulturelle Erfahrungen im menschlichen Körper als materielle Einheit und bedeutungsgenerierende Verortung verbinden (Polanyi 1958, 1977; Johnson 1987; Lakoff 1987; Johnson 1993; Lakoff und Johnson 1999; Merleau-Ponty 2002; Johnson 2007; Vigotsky 2012; Johnson 2014), um ein erfahrungsmäßiges und implizites Wissen zu bilden (Polanyi 1966). Analytisch kann dieses unbewusste Wissen durch die Analyse sprachlicher Metaphern zugänglich gemacht werden, die in Form konzeptueller Metaphern systematisiert werden. Grundlegend für diese Vorgehensweise ist die theoretische Unterscheidung zwischen dem Oberflächenphänomen sprachliche Metapher und dem aus ihm aggregierten kognitiven Tiefenphänomen konzeptuelle Metapher. Diese Trennung birgt die Möglichkeit, Wahrnehmungsmuster aufzuspüren und zu analysieren. Wissenschaftliches Denken ist also als ein verkörperter Prozess des Denkens zu verstehen, der auf routinisierten Alltagserfahrungen basiert und in vielen Fällen von konventionellen Metaphernsystemen (Lakoff und Johnson 1980) durchzogen ist und strukturiert wird. Ein gutes Beispiel für ein konventionalisiertes Metaphernsystem sind z.B. die immer wieder anzutreffenden Text-, Schrift- und Computermetaphern, die konstitutiv für die wissenschaftlichen Arbeiten im Bereich von Genetik und Genomik waren (Hesse 1966; Kay 2000) und später die Darstellung der Entschlüsselung des menschlichen Genoms und die Berichterstattung darüber maßgeblich mitgestaltet haben (Nerlich et al. 2002; Nerlich und Clarke 2003; Döring 2005;). Sie wurden zu konventionellen Metaphern, mit deren Hilfe die chemische Struktur der menschlichen DNA als lesbar, verständlich und umschreibbar konzeptualisiert wurde. Ähnlich verhält es sich mit dem Begriff der ‚Zelle‘, der auf den ersten Blick eine kleine und

⁵ Siehe Black (1962), Gentner und Jeziorski (1993), Hesse (1970, 2005), Fox Keller (1992, 1995, 2002), Haraway (2004), Kay (1997, 2000), Knorr Cetina (1981), Maasen und Weingart (2000) sowie Nerlich et al. (2009).

funktionelle biologische Einheit bezeichnet, die nur durch ein Mikroskop wahrgenommen werden kann. Was heute als lexikalisierte Metapher verstanden werden kann, war zu Beginn des 19. Jahrhunderts eine Metapher, die auf der Raumerfahrung eines Mönchs beruht, der den Begriff der Zelle aus seinem Lebensbereich Kloster auf die durch sein Mikroskop wahrgenommene biologische Struktur übertrug (Brown 2008: 35). Die ursprüngliche deutliche metaphorische Übertragung des Wohnraums auf die durch das Mikroskop wahrgenommene Segmentierung eines Gewebes verschwand im Verlauf von zwei Jahrhunderten wissenschaftlicher Forschung.

Das Zellen- und das Textbeispiel zeigen, dass es unterschiedliche Grade der Metaphorizität von Sprachbildern gibt: sie reichen von kreativ metaphorisch bis hin zur Lexikalisierung. In diesem Kontinuum bieten sich gerade konventionelle Metaphern als Untersuchungsgegenstand an, da ihnen eine unterschwellig latente Kreativität innewohnt, die routinisierte Bedeutungsstrukturen und Wissens Ebenen etabliert hat und erhält. Dies wird in Jäkels (1997: 247-281) empirischer Analyse der abstrakten Diskursdomäne wissenschaftliches Arbeiten deutlich. Jäkel zeigt in seiner Studie, dass diese Diskursdomäne maßgeblich von konventionellen Metaphern wie IDEAS ARE OBJECTS, THINKING IS WORKING ON PROBLEM-OBJECTS WITH THE MIND TOOL oder FORMING IDEAS IS SHAPING RAW MATERIAL strukturiert ist, während mit ihr verbundenes wissenschaftliches Arbeiten metaphorisch als Reise (SCIENCE IS A JOURNEY) und Überlebenskampf (SCIENCE IS THE STRUGGLE FOR THE SURVIVAL OF THE FITTEST) konzeptualisiert wird. Diese konventionalisierten konzeptuellen Metaphern bilden so genannte kognitive Modelle, die durch fünf analytische Potenziale charakterisiert sind (Jäkel 1997: 40-42):

- Metaphern basieren auf einem kognitiven Übertragungsprozess von einer Ausgangs- auf eine Zieldomäne, in dem konkrete Erfahrungen und Wissensaspekte eine abstrakte Wissensdomäne semantisch und kognitiv zugänglich machen. Die Analyse dieser Übertragungsprozesse gewährt einen Einblick in die sinnstiftenden Erschließungsprozesse und ermöglicht einen interpretativen Zugriff auf deren Implikationen.
- Metaphern sind ein allgegenwärtiges Phänomen im wissenschaftlichen Diskurs und nicht nur ein Element des kreativen oder poetischen Ausnahmediskurses. Von besonderer Relevanz sind konventionalisierte metaphorische Konzepte, da sie wissenschaftliche Diskursdomänen semantisch strukturieren.

- Metaphern besitzen eine Fokussierungsfunktion. Sie heben bestimmte semantische Aspekte einer Diskursdomäne hervor, während sie andere verdecken. Dieser funktionale Effekt erklärt, warum in vielen Fällen ein Sachverhalt in einer bestimmten Art und Weise semantisch gerahmt wird. Das Wissen über diesen Fokussierungseffekt eröffnet jedoch die Möglichkeit, Perspektiven und deren Implikationen kritisch zu reflektieren und alternative Sinnstiftungen und Forschungsperspektiven zu entwickeln.
- Metaphern sind kreative Mechanismen der Sinnstiftung. Auch wenn bestimmte Diskursdomänen durch konventionelle Metaphern mehr oder minder bedeutungsmäßig vorstrukturiert sind, so ermöglicht die metaphorische Kreativität eine Umstrukturierung routinisierter Bedeutungszuschreibungen. Gerade für wissenschaftliches Denken und Sprechen ist diese heuristische Funktion besonders wichtig und steht in enger Beziehung zur Erschließungsfunktion von Metaphern.
- Konzeptuelle Metaphern bilden so genannte kognitive Modelle. Diese Modelle stellen heuristische Instrumente dar, die semantisch eine ganze Diskursdomäne strukturieren können. Kognitive Modelle können auch als erfahrungsmäßige und kulturelle Denkmodelle verstanden werden, die soziale und wissenschaftliche Weltanschauungen und Vorstellungswelten maßgeblich mitbestimmen.

Vor dem Hintergrund dieser funktionellen Eigenschaften von Metaphern und der Hypothese, dass Systembiolog*Innen Metaphern nutzen, um grundlegende biologische Konzept und andere wissenschaftliche Sachverhalte bedeutungsmäßig zu erfassen und zu kommunizieren (Paton 1996; Fleck 2011), stellt sich die Frage, mit welchen Methoden Daten für eine solche Analyse entwickelt werden können.

Im vorliegenden Kontext bot sich für die Analyse der verwendeten Sprachbilder eine Kombination aus Jäkels (1997: 141-146) onomasiologisch-linguistischer Methode mit Schmitts (2014, 2016) systematischer Metaphernanalyse an, die vor dem Hintergrund der Grounded Theory (Clarke 2005; Charmaz 2006; Corbin und Strauss 2008) durchgeführt wurde. Für die vorliegende Analyse bedeutet dies, dass in einem ersten vorbereitenden Schritt eine inhaltsanalytische Lektüre so genannter *Scientific Reviews* durchgeführt wurde, um sich mit den thematischen Diskursen und deren Strukturierung im Forschungsfeld der Systembiologie vertraut zu machen. Die Scientific Reviews wurden im ISI-Web of Science und in der PubMed Pub Reminer Suchmaschine mit den Stichwörtern Systems Biology, Molecular Systems Biology etc. identifiziert. Im Verlauf

der weiterführenden bibliometrischen Analyse mit dem PubMed Pub Reminer wurden deutsche Autor*Innen gefunden und deren Fachpublikationen zusammengetragen. Neben der thematischen Strukturierung dieses Datenkorpus wurde auch der jeweilige institutionelle und fachliche Hintergrund in einem weiteren Schritt anhand von Webseiten recherchiert. Dieser Schritt war insofern notwendig, da mit ihm thematische Verdichtungen des deutschen Fachdiskurses aufgespürt werden konnten sowie eine repräsentative Auswahl an potentiellen Interviewpartnern in Bezug auf fachliche Hintergründe, Karrierestufen und systembiologische Expertisebereiche möglich wurde. Alle 25 Experteninterviews erfolgten nach fünf Testinterviews mit einem Interviewleitfaden, in dem fachhistorische Aspekte, die Interpretation grundlegender biologischer Konzepte, wissenschaftliche Kontroversen der Systembiologie mit anderen Fachdisziplinen sowie forschungspolitische Zukunftspotenziale der Systembiologie erfragt wurden. Alle Interviews fanden in den Büros oder Laboren der Interviewpartner statt, wurden mit einem digitalen Aufnahmegerät mitgeschnitten und dauerten zwischen 60-180 Minuten. Nach der wortwörtlichen Transkription aller Interviews wurde der Themenbereich „grundlegende biologische Konzepte“ aus dem gesamten Interviewtranskript ausgeschnitten und inhaltsanalytisch vorstrukturiert. Dieser Schritt diente einer methodischen Annäherung an die Forschungsfrage: Mit welchen Metaphern wird der Begriff des Lebens der Systembiologie konzeptualisiert? Daraufhin wurden die Daten, die sich auf den Lebensbegriff bezogen, einer zeilenbezogenen Lektüre unterzogen, die dem Auffinden einzelner sprachlicher Metaphern diente. Alle sprachlichen Metaphern wurden in eine Tabelle überführt, wo ihre Übertragungsprozesse analysiert wurden. Mit diesem Verfahren konnten die Ursprungs- und Zielbereiche der sprachlichen Metaphern, ihre Erschließungsfunktion, der Grad ihrer Kreativität und der Aspekt der Fokussierung ermittelt werden. Vor diesem analytischen Hintergrund wurden alle sprachlichen Metaphern in einem weiteren Schritt konzeptuellen Metaphern zugeordnet und in Bezug auf ihre wissenschaftssoziologischen und fachbezogenen Implikationen hin interpretiert. In einem abschließenden Arbeitsschritt wurden diese Implikationen mit dem wissenschaftlichen Hintergrund des jeweiligen Interviewpartners abgeglichen, um mögliche Konvergenzen zwischen konzeptuellen Metaphern und der disziplinären Ausbildung zu ermitteln (siehe auch Tab. 1 für die Erklärung der Methodik).

Arbeitsschritt	Ziel
Auswahl einer wissenschaftlichen Diskursdomäne.	Definition des Forschungsobjekts.
Erstellung eines Korpus von Scientific Reviews	Eintauchen in den Fachdiskurs, um sich thematisch zu kontextualisieren
Notizen machen von allem, was einem auffällt inklusive einer Systematisierung dieser Notizen	Strukturierter Zugang zum Forschungsfeld aus dem fachlichen Diskurs heraus
Entwicklung einer vorläufigen Forschungsfrage anhand des analysierten Fachdiskurses	Korrektur und Verfeinerung der Forschungsfrage
Fokussierung des Korpus der Scientific Reviews auf die Forschungsfrage	Vertiefender Einblick in die spezifische Diskursdomäne mit dem Ziel, einen Interviewleitfaden zu entwickeln
Entwicklung eines Verzeichnisses von wichtigen Forscher*Innen, ihres Arbeitsortes, ihres fachlichen Hintergrunds und ihres beruflichen Status.	Verzeichnis relevanter Akteure und möglicher Interviewpartner
Auswahl der Interviewpartner in Bezug auf deren beruflichen Status und fachlichen Hintergrund	Zusammenstellung eines repräsentativen Verzeichnisses an Interviewpartnern
Durchführung und Transkription der Interviews	Schrittweise Annäherung an die Interviews
Inhaltsanalytische Strukturierung der Interviews	Entwicklung einer inhaltlichen Struktur
Zeilenweise Lektüre der Interviews	Systematisches Auffinden von sprachlichen Metaphern
Analyse der metaphorischen Übertragungsprozesse	Bestimmung von Ursprungs- und Zielbereich, der Erschließungsfunktion, dem Grad der Kreativität und der Fokussierung einzelner sprachlicher Metaphern
Gruppierung von sprachlichen Metaphern mit ähnlichen Ausgangsbereichen	Entwicklung von konzeptuellen Metaphern
Interpretative Analyse der konzeptuellen Metaphern in Bezug auf ihre Erschließungsfunktion, den Grad ihrer Kreativität und Fokussierung	Interpretative Analyse möglicher Implikationen für die untersuchte Diskursdomäne
Abgleich konzeptueller Metaphern mit der disziplinären Zugehörigkeit der Interviewpartner	Entwicklung fachspezifischer Denkstile

Tabelle 1: Schematische Darstellung der verwendeten Methodik

Zusammenfassend betrachtet zielt die gewählte Methodik darauf ab, eine möglichst detaillierte und mehrschichtige Analyse des Datenmaterials vorzunehmen, die gerade für einen so abstrakten und diskurssemantisch diversifizierten Sachverhalt wie den Begriff des „Lebens“ in der Systembiologie notwendig ist (Döring 2014).

4. Die konzeptuelle Rahmung des Lebensbegriffs in der Systembiologie

Der Begriff „Leben“ ist ein vielschichtiges biologisches Konzept, das in Philosophie, Biologie, Religion oder Psychologie immer wieder analysiert und definiert worden ist. Ein großer Teil dieser Studien widmet sich vornehmlich einer theoretischen Untersuchung des Konzepts, während empirisch ausgerichtete Analysen zum jeweiligen disziplinären Lebensbegriff eher seltener anzutreffen sind. So bleibt in vielen Analysen die Frage offen, wie „Leben“ eigentlich definiert wird und ob der Begriff für den jeweiligen wissenschaftlichen Arbeitsalltag überhaupt eine Relevanz besitzt. Für die Biologie und eine Reihe angrenzender Wissenschaften hat es definitorische Bemühungen in Bezug auf den Lebensbegriff gegeben (z.B. Oparin 1924; Schrödinger 1944; Monod 1970; Crick 1981; Maynard-Smith 1986), und diese zeigen sich auch in unseren Interviews mit Systembiolog*Innen über den Begriff „Leben“. So werden immer wieder typisch biologische Kriterien und Eigenschaften dafür aufgeführt, wann ein Organismus als lebend bezeichnet kann oder sollte (z.B. Mayr 1997: 20-23; Ganti 2003: 76-80; Deamer 2010): erwähnt wurden z.B. Bernards (1878) Eigenschaften (Organisation, Reproduktion, Entwicklung, Stoffwechsel und Verwundbarkeit), Cricks (1981) Charakteristika (Reproduktion, Genetik, Entwicklung und Stoffwechsel) oder Gibsons et al. (2010) Merkmal der Reproduktion (Tab. 2).

Author	Characteristic(s)
Bernard (1878)	Organization, reproduction, development, nutrition and vulnerability.
Oparin (1924)	Organization, metabolism, reproduction, irritability.
Crick (1981)	Reproduction, genetics, evolution, metabolism.
Monod (1970)	Teleonomy, morphogenesis, reproduction.
Maynard-Smith (1986)	Metabolism, different segments holding functions.
Gibson et al. (2010)	Reproduction.

Tabelle 2: Merkmale des Lebensbegriffs (Kather 2003; Toepfer 2005)

Diese Referenzen mit ihren unterschiedlichen Merkmalen verdeutlichen allerdings auch die Probleme, die eine allgemeingültige und alltagswissenschaftliche Definition von „Leben“ darstellt. Trotzdem haben z.B. Murphy und O’Neill (1997) ein Buch mit dem Titel “What is Life? The Next Fifty Years. Speculations on the Future of Biology” veröffentlicht, das paradigmatisch verdeutlicht, wie polyvalent der Begriff des Lebens ist. Aus dieser Polyvalenz ließe sich ableiten, dass eine Analyse des Lebensbegriffs im Kontext der Systembiologie ein sinnloses Unterfangen ist, da es keinen Sinn ergibt, den bestehenden kanonischen Definitionen weitere fachspezifische Begriffsbestimmungen hinzuzufügen. Wir sind jedoch anderer Ansicht, denn gerade die Systembiologie mit ihrem hohen Grad an Interdisziplinarität und einem ausdifferenzierten Einsatz von Computertechnologien entwickelt einen neuen wissenschaftlichen Kontext (Bonß et al. 1998), der nicht nur Wirkungen auf den Lebensbegriff selbst zeitigt, sondern auf ihm basierend eigene und spezifische wissenschaftliche Vorgehensweisen, Methoden und Analysetechnologien entwickelt. Gerade die metaphorische Strukturierung des biologischen Konzepts „Leben“ könnte beispielsweise helfen, unterschiedliche Konnotationen des Begriffes offen zu legen, die ihre jeweils eigenen sozialen und forschungspraktischen Implikationen besitzen, und die in jeweils unterschiedlicher Art und Weise auf die derzeitige Beziehung von Wissenschaft, Wissenschaftspolitik und Gesellschaft einwirken und sie verändern können.

Betrachtet man vor diesem Hintergrund die Antworten der Interviewpartner*Innen auf die Frage, was „Leben“ für sie bedeutet, dann zeigt sich, dass dessen Bedeutung in vielen Fällen mit den prototypischen Merkmalen

Reproduktion und Stoffwechsel – wie bereits oben gesehen – definiert wird (Rosch 1973, 1978; Rosch et al. 1976). Diese Strategie der bedeutungsbezogenen Annäherung an die Frage führte im Interviewkontext zu einer unterschweligen Spannung, da die Interviewpartner*Innen es offensichtlich nicht gewohnt waren, sich mit dieser Frage zu befassen oder über sie eingehend nachzudenken. Dies wird exemplarisch in den beiden folgenden Zitaten deutlich:

1. „Das ist eine Frage, die uns nicht oft gestellt wird, hm, weil, ja, wir befinden uns auf der technischen Seite, ah, aber es ist eine gute Frage, weil ja, wir sind ja so in unserem Alltag gefangen. Ja, wir verlieren den Kontakt zu diesen, ja philosophischen, aber relevanten Fragen [...].“ (Wissenschaftler*In A)
2. Leben? Oh ja, ein großes Konzept, laaange Geschichte und keine klaren Antworten [...] hahahaha [...] was für ein Durcheinander. Ich glaube, dass das Konzept nicht wirklich eine wichtige Rolle in unserem Arbeitsalltag spielt. Wir unterteilen unsere Gehirne und konzentrieren uns lediglich auf diesen oder diesen Pathway, aber das Große und Ganze, ja, ich denke dass wir uns darum auch kümmern sollten. (Wissenschaftler*In J)

Beide Zitate zeigen jedoch, dass die Frage nach dem Konzept „Leben“ als relevant erachtet, jedoch gleichzeitig als sehr umfassend und groß angesehen wird. Während im ersten Zitat auf die alltägliche Arbeitslast verwiesen wird, die die Interviewpartner*In davon abhält, sich mit der gestellten Frage nach dem Lebensbegriff auseinanderzusetzen, verweist die zweite Interviewpartner*In auf die historische Dimension des Begriffs. Zudem tritt bei Wissenschaftler*In J ein gewisser Grad an Ironie zutage, der am Ende jedoch ernsthaft gewendet die Relevanz der Frage nach dem Lebensbegriff bestätigt. Im weiteren Verlauf der Interviews entwickelte sich in den meisten Fällen eine reflexive und von Metaphern durchzogene Erörterung des Lebenskonzepts, die nach der Analyse der Interviewtranskripte in den konzeptuellen Metaphern LEBEN IST EINE MASCHINE, LEBEN IST EIN SYSTEM, LEBEN IST INTERAKTION ZWISCHEN SYSTEMKOMPONENTEN, LEBEN IST EIN NETZWERK, LEBEN IST EINE KRAFT und LEBEN IST EIN RÄTSEL sichtbar wurde.

So wird „Leben“ z.B. metaphorisch als Maschinerie beschrieben. Die Ausgangsdomäne dieser metaphorischen Übertragungen zeigt sich in der hohen Frequenz von Lexemen wie *Maschine* oder *Maschinerie*, die in den folgenden Beispielen auf die Zieldomäne „Leben“ übertragen werden:

3. Leben? Ja, das ist nicht einfach zu erklären. Ich würde sagen, dass das was wir machen ist dass wir *versuchen Leben als Maschine zu verstehen*. Ich meine, da sind all diese Prozesse, die wir versuchen zu verstehen und ich glaube, dass *Maschine* das ganz gut ausdrückt. (Wissenschaftler*In A)
4. Ja, das ist schwer [...], ich würde sagen. *Gut, gut, man könnte sich Leben als eine Art Maschine oder besser als Maschinerie vorstellen, in der unterschiedliche Stücke und Teile zusammen arbeiten*. Hm, ja, auf diese Weise könnte man Leben verstehen. (Wissenschaftler*In K)

Der metaphorische Gebrauch der Lexeme *Maschine* und *Maschinerie* fokussiert deutlich in den beiden Beispielen inhärente Ingenieursaspekte, die sich gerade im Gebiet der Biologie implizit mit einer anhaltenden Energieversorgung verbinden und auf Schulbuchmetaphern wie „die Mitochondrien sind die Kraftwerke der Zelle“ referieren. Zudem differenziert das zweite Zitat zwischen der Metapher *Maschine* und dem metaphorischen Gebrauch des generischen Konzepts *Maschinerie*, das sich implizit auf unterschiedliche Funktionseinheiten und deren Zusammenarbeit konzentriert. Die metaphorische Übertragung schließt explizit unterschiedliche Komponenten und deren Abstimmung mit ein, die zelluläre und biochemische Prozesse mechanistisch rahmen. Diese Aspekte werden auch im folgenden Beispiel deutlich, in dem Aspekte einer überzellulären Koordination und Integration mit der Maschinenmetapher entwickelt werden. Zu bedenken ist jedoch, dass hier die Zelle als der materielle Ort dargestellt wird, an dem sich grundlegende Lebensprozesse überhaupt erst vollziehen können:

1. Tja, ich habe mir das immer so vorgestellt, dass *die Zelle als Grundlage des Lebens eine Maschine ist, deren unterschiedliche Teile eben funktionell ineinandergreifen, den Metabolismus am Laufen halten und auch gekoppelt werden können, also in ganzen Zellverbänden. Leben hat also etwas maschinelles für mich* (Wissenschaftler*In F)

Neben den Maschinenmetaphern, in denen Elemente einer Strukturierung schon deutlich anklingen, findet sich der gleiche Aspekt auch in der metaphorischen Rahmung von „Leben“ als System. Das abstrakte Moment des Nomens *System* bietet einen weiten Interpretationsspielraum, der generell eine Vielfalt metaphorischer Konzeptualisierungen von der Ökonomie über politische Systeme bis hin zum deutschen Müllsortierungssystem anbietet. Im

vorliegenden Kontext hingegen korreliert die Metapher offensichtlich mit den konstitutiven Bezeichnungen *Systemtheorie* und *Systembiologie*.

2. Leben? Oh je! Ok, Ich denke, *dass Leben ein System*, äh ein *unscharfes System* ist. Es, es ist wirklich schwer zu erklären, aber für mich, äh, ist es ein strukturiertes Ganzes. (Wissenschaftler*In D)
3. Leben, das ist ein schwieriger Begriff. Ich sehe ah [...] *Leben als ein System*. Ja, so könnte man es ausdrücken. (Wissenschaftler*In E)

Auch wenn die Systemmetapher semantisch opak ist, so hebt sie in beiden Zitaten Elemente eines strukturierten und organisierten Ganzen hervor. Gerade im Kontext systembiologischer Forschung wird hier zusätzlich auf unterschiedliche Systemebenen Bezug genommen, die bestimmten biologischen Prinzipien sowie Funktionalitäten folgend aufeinander aufbauen und neue biologische Eigenschaften hervorbringen. Dies wird im folgenden Beispiel deutlich:

4. Schauen sie, äh: Wenn ich mir Lebensprozesse anschau und definiere, dann kann ich das ja nach den eben genannten Merkmalen tun. Aber ich kann mir die auch auf unterschiedlichen Ebenen anschauen: die Zelle, den Zellverband, vielleicht ein Organ oder dergleichen. Da finden Lebensprozesse statt, in einer koordinierten und strukturierten Art und Weise, klar? *Also Leben ist ein System oder eine Systematik biologischer Prozesse, die aufeinander aufbauend Stoffwechsel, Reproduktion etc. ermöglichen*. (Wissenschaftler*In I)

Der Erklärungswert der Systemmetapher ist jedoch aufgrund seiner semantischen Offenheit begrenzt und fokussiert vor allem den Aspekt der Strukturiertheit. Selten wird er so theoretisch reflektiert wie in Beispiel 7.

Neben den konzeptuellen Metaphern DAS LEBEN IST EINE MASCHINE und LEBEN IST EIN SYSTEM, wird der Lebensprozess metaphorisch auch als Interaktion zwischen Systemkomponenten konzeptualisiert. Die Systemmetapher ist auch in den folgenden beiden Beispielen anzutreffen, wird aber durch den metaphorischen Gebrauch von *Interaktion* dynamisiert.

5. Gut, für das, was ich jetzt sage würden mich wahrscheinlich viele Leute umbringen, aber [...] haha [...] egal. So, meine Version von *Leben ist, ist die Interaktion zwischen der DNA und den Proteinen, ich denke, dass das Leben ist*. (Wissenschaftler*In M)

6. Ja, *Leben ist für mich eher klein und eher Interaktion auf der molekularen Ebene*, verstehen Sie. Das ist meine Version dieser ganzen Sache. (Wissenschaftler*in R)

Der metaphorische Gebrauch von *Interaktion* für die Konzeptualisierung von „Leben“ unterstreicht in beiden Beispielen das relationale Moment von Abhängigkeit und Kooperation. Latent referiert die konzeptuelle Metapher LEBEN IST INTERAKTION ZWISCHEN SYSTEMKOMPONENTEN auf die Erfahrung des Wechselspiels zwischenmenschlicher Kommunikation und verweist damit zumindest implizit auch auf soziale Aspekte des Alltagslebens: stoffliche und kommunikativ-soziale Interaktion werden hier semantisch ineinander geblendet. Dies zeigt sich deutlich im folgenden Beleg, in dem metaphorisch genau auf diese Aspekte referiert wird:

7. *Das ist Interaktion, also Leben. Also nur durch den Austausch zwischen den Komponenten* auf unterschiedlichen Ebenen. In der Zelle selber, in Geweben oder auch zwischen Organen. *Leben ist Interaktion, also vielleicht so wie in einer Gesellschaft oder auch in einer Gruppe, wo ein ständiger Austausch besteht.* In der Biologie aber dann eben in Form von Stoffwechsel, Reproduktion und so, aber auf unterschiedlichen Ebenen. (Wissenschaftler*in N)

Neben den konzeptuellen Metaphern LEBEN IST EINE MASCHINE, LEBEN IST EIN SYSTEM und LEBEN IST INTERAKTION VON SYSTEMKOMPONENTEN rahmen Wissenschaftler aus dem Gebiet der Systembiologie den Begriff des „Lebens“ auch mit Hilfe der Netzwerkmetapher. Die konzeptuelle Metapher LEBEN IST EIN NETZWERK ist ein prominentes metaphorisches Konzept bei Systembiologen mit einem informationstechnischen Hintergrund und betont den Aspekt der Interaktion zwischen unterschiedlichen biologischen Organisationsebenen. Dies klingt in den beiden folgenden Zitaten deutlich an:

8. Das Konzept Leben? Das ist eine schwierige Frage, aber ich sehe *es eher als Netzwerk an*, die Interaktion und Regulierung metabolischer Netzwerke; es ist dieses funktional verbindende Moment, mit dem wir uns beschäftigen, das wir verstehen sollten. (Wissenschaftler*In K)
9. Ja, das ist eine spannende Frage [...]. Also ich bin da eher pragmatisch und interpretiere aus meiner Arbeit heraus das *Konzept Leben als eine Art Netzwerk*, ok? Ich meine, ich kann das so denken und metabolische Netzwerke, ja, das ist was mich interessiert und wie ich es mir vorstellen kann. (Wissenschaftler*In O)

Der erste Interviewausschnitt beschreibt den Begriff des Lebens mit Hilfe einer Netzwerkmetapher. Bei genauerem Hinsehen wird jedoch deutlich, dass der Implikationskomplex der Metapher durch die Erläuterung „dieses funktional verbindende Moment“ noch erweitert wird. Die Betonung dieses Gesichtspunkts hebt bedeutungsmäßig den Aspekt der Konnektivität hervor und akzentuiert damit im kybernetischen Sinn die konzeptionelle und funktionale Integration unterschiedlicher Systemebenen. Das zweite Zitat betont hingegen ein pragmatisches Verständnis von „Leben“ und bezieht die Metapher auf die funktionellen Steuerungsprinzipien des Stoffwechsels – den eigenen Forschungsbereich. Anders gelagert und explizit reflektiert wird der konzeptionelle Einfluss von Informationstechnologien auf die Forschung und Konstitution des eigenen Forschungsgegenstandes im folgenden Beleg:

10. Wenn man sich die frühen Arbeiten von Bertalanffy anschaut, dann sind da ja schon grundlegende kybernetische Prinzipien angelegt. Mit der Entwicklung Computertechnologie und ihrer Anwendung hat sich ja auch in der Biologie viel verändert. Also auch das biologische Denken, *und so ist Leben für mich ein Netzwerk, multiple Konnektivität von Komponenten und Stoffwechsel [...]*. (Wissenschaftler*in P)

Das semantische Feld der Netzwerkmetapher scheint mit der Erfahrung rund um die sich entwickelnde Informationstechnologie verbunden zu sein und verweist – in Beispiel 11 bewusst – auf deren Einfluss für das eigene biologische Denken und die Konzeptualisierung des Lebensbegriffs. Inwiefern sich jedoch aus der konzeptuellen Metapher *LEBEN IST EIN NETZWERK* eine unterschwellige Technisierung des Lebensbegriffs in der Systembiologie ableiten lässt, ist schwer zu konstatieren, da die Systembiologie eine noch junge wissenschaftliche Disziplin ist, deren metaphorisch geprägte Epistemologie sich noch nicht konsolidiert hat.

Jenseits der bisher untersuchten Metaphern, die semantisch betrachtet strukturelle und technologische Aspekte hervorheben, finden sich auch anders motivierte Rahmungen des Lebensbegriffs. Die metaphorisch abstrakte Rahmung von „Leben“ als Kraft durch die konzeptuelle Metapher *LEBEN IST EINE KRAFT* kommt in vielen Interviews zum Vorschein. In ihr werden, vor allem durch Wissenschaftler*Innen mit einer Ausbildung im Bereich der Physik, Elemente der Antriebs- und der Krafterfahrung betont:

11. Wir verstehen Lebensprozesse eigentlich schon ganz gut, aber was ist denn bloß diese *geheime Kraft des Lebens*, die Pflanzen, uns Menschen und alles am Laufen hält? Das ist wirklich, ja, das ist eine so grundlegende und spannende Frage und wir wissen nicht wirklich viel darüber. (Wissenschaftler*In J)
12. Leben, ja *die Kraft des Lebens*. Das ist schon merkwürdig und faszinierend zugleich. Welches Mittel, welche *Kraft* hält diese ganzen metabolischen und anderen Prozesse am Laufen, verstehen Sie? Ja, man kann das mit Energiesätzen erklären, aber woher kommt die dann. Wir sind da noch nicht mal am Anfang. (Wissenschaftler*In A)

Ein genauer Blick in die Interviewausschnitte, in denen die konzeptuelle Metapher LEBEN IST EINE KRAFT anzutreffen ist, zeigt in vielen Fällen ein starkes emotionales Engagement des Interviewpartners. Auszüge wie „das ist eine so grundlegende und spannende Frage“ oder „das ist eine so grundlegende Frage, die mich immer fasziniert hat, verstehen Sie?“, verdeutlichen dies. Darüber hinaus perspektiviert die Kraftmetapher im zweiten Beispiel Aspekte physischer Größe und Masse, deren Gerichtetheit notwendig ist, um „metabolische Prozesse und andere Prozesse am Laufen zu halten“: metaphorisch konzeptualisiert ermöglicht gerichtete Energie die wesentlichen Prozesse Stoffwechsel und Reproduktion, sprich „Leben“. Diese Interpretation ist jedoch hypothetisch und bedarf einer eingehenderen und dezidierten Untersuchung im Kontext von Tiefeninterviews. Trotzdem ist es interessant, dass das generische Konzept „Leben“ mit Hilfe körperlicher Erfahrung konzeptualisiert wird.

Das letzte metaphorische Konzept, mit dem wir uns in diesem Beitrag beschäftigen werden, ist die konzeptuelle Metapher LEBEN IST EIN RÄTSEL. Dieses kulturell tief verwurzelte Konzept besitzt eine lange Geschichte und findet sich immer wieder in den Interviews:

13. Das *Konzept Leben gibt mir immer noch Rätsel auf*, verstehen Sie? Was hält die Replikation, äh, die Reproduktion am Laufen? Das ist so faszinierend wir sollten uns nach wie vor eingehend bemühen dieses *Rätsel zu lösen*, ja! (Wissenschaftler*In D)
14. Es [Leben; MD und RK], *ist immer noch ein Rätsel für mich* und ich bin mir sicher, dass wir es nicht *lösen* werden. Aber es ist ein faszinierendes Ding, dieses Leben und ich weiß nicht warum, aber es hält mich am Laufen und stellt mir auch nach, diese Frage nach dem Lebensbegriff. (Wissenschaftler*In G)

Die Metapher des Rätsels spielt darauf an, dass eine Frage logisch oder auf strategischem Weg gelöst werden kann. Die dem Konzept innewohnende Perspektive einer rational motivierten und strukturierten Problemlösungsstrategie im ersten Beispiel steht im Kontrast zum zweiten Interviewauszug, in dem vor allem das faszinierende, wenn nicht sogar personifizierte und verfolgende Moment eines ungelösten Rätsels deutlich wird. Diese Aspekte zeigen sich auch im folgenden Beispiel:

15. Daran [Begriff des Lebens] knobeln wir echt noch herum. Für mich ist das echt ein *Rätsel*, also was ist Leben? Was ist das? Wie können wir das definieren? Es gibt ja unterschiedliche Definitionen, die Sie, äh sicherlich kennen, nicht? *Aber der Begriff des Lebens stellt uns echt vor ein Rätsel.* (Wissenschaftler*in Q)

Aspekte von Unterhaltung und spannendem Zeitvertreib, wie man sie aus den Zeitschriften und Rätselmagazinen im Alltag kennt, gehen in dieses und andere Beispiele mit ein und entwickeln eine konzeptuelle Beziehung zwischen wissenschaftlichem Alltag und einer kulturell wohlbekanntem Form der Unterhaltung. Darüber hinaus wird jedoch deutlich, dass der Begriff des Lebens nicht nur ein Rätsel ist, sondern auch metaphorisch verstanden entsprechend als Agens oder Personifikation Forscher vor entsprechende Aufgaben stellt.

Zusammenfassend betrachtet dürfte deutlich geworden sein, dass auch Wissenschaftler*Innen Metaphern zur semantischen Erschließung biologischer Begriffe und Konzepte nutzen. Die metaphorischen Rahmungen offenbaren kreative und kunstfertige Bemühungen, mit denen der schwierigen Frage nach einer Definition des Begriffs „Leben“ begegnet wird. Dieses Bemühen offenbarte sich in den hier analysierten konzeptuellen Metaphern, die nun im abschließenden Abschnitt verglichen und interpretiert werden.

5. Die metaphorische Rahmung des Lebensbegriffs in der Systembiologie

Die metaphorische Systematik (Abb. 1) der konzeptuellen Metaphern, die von Systembiolog*Innen benutzt werden um den Lebensbegriff zu erläutern, veranschaulicht, dass es sich dabei um eine Konstellation handelt, die teilweise sehr unterschiedliche Perspektivierungen und Implikationen beinhaltet. Welche Schlussfolgerungen können daraus gezogen werden?

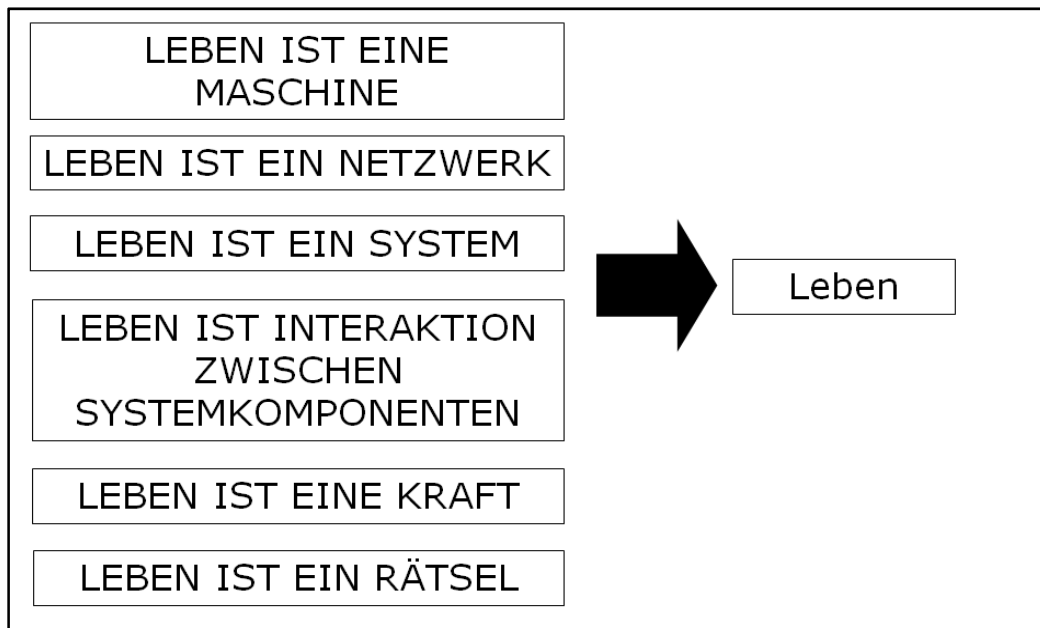


Abb. 1: Überblick über die metaphorische Konzeptualisierung von „Leben“

Mit der Behandlung dieser Frage betreten wir ein Stück weit Neuland, denn empirische Untersuchungen, die sich einer systematischen Analyse der metaphorischen Konzeptualisierung biologischer Konzepte widmen, sind eher selten anzutreffen (Ausnahmen sind Maasen und Weingart 2000 sowie Ouzounis und Mazière 2006). Dies ist erstaunlich, denn wie wir gezeigt haben, ermöglicht der hier verwendete theoretische und methodische Zugang einen empirisch gesättigten und fundierten Einblick in unterschiedliche Konzeptualisierungen des Lebensbegriffs in der Systembiologie. Gerade die Analyse der metaphorischen Übertragungsprozesse der ersten vier konzeptuellen Metaphern verdeutlichte (Abb. 1), dass diese stark durch technologische Implikationen beeinflusst sind, während die folgenden zwei metaphorischen Konzepte vor allem auf körperlich-soziokulturellen Erfahrungen basieren (Abb. 2).

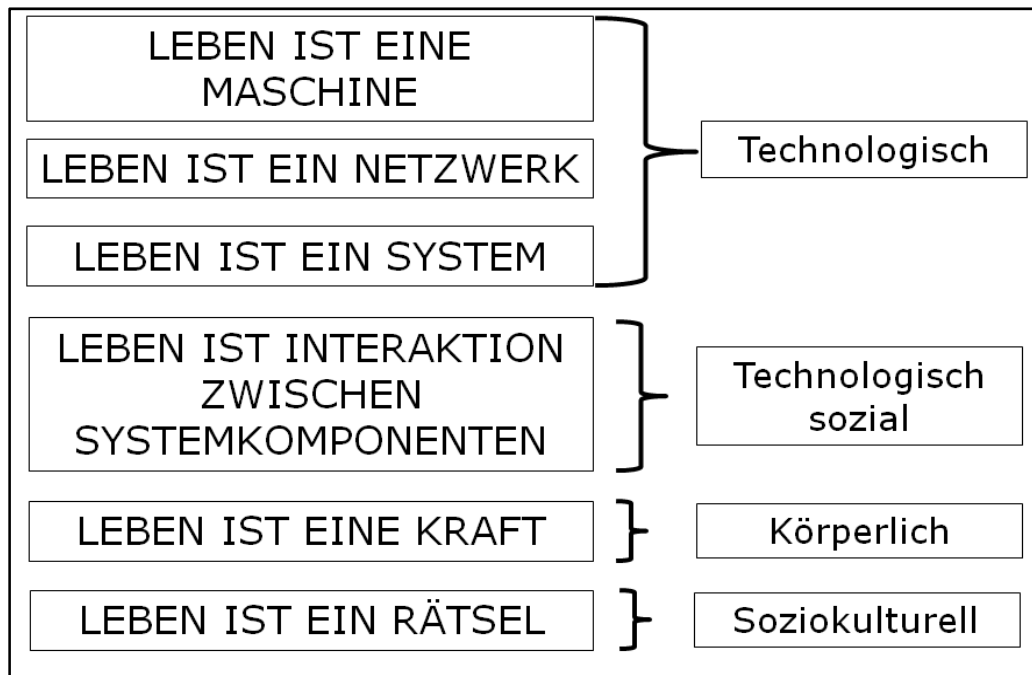


Abb. 2: Konzeptuelle Metaphern und Herkunftsberreiche

Dies zeigt, dass dem Lebensbegriff der Systembiologie ein technologisches, ingenieurwissenschaftliches und soziales Moment innewohnt, das allerdings von einer Dynamisierung und Komplexitätssteigerung geprägt ist, die vor allem in den beiden Dimensionen der konzeptuellen Metapher *LEBEN IST INTERAKTION ZWISCHEN SYSTEMKOMPONENTEN* deutlich werden. Im Hinblick auf die Kraftmetaphern lässt sich sagen, dass sie Elemente des Antriebs und der Gerichtetheit als genuin für „Leben“ hervorheben, mit denen charakteristische biologische Lebensprozesse wie Stoffwechsel und Reproduktion induziert und energetisch „am Laufen“ gehalten werden. Im Gegensatz dazu stehen die Rätselmetaphern, die die Aspekte der Mehrdeutigkeit und der mangelnden Kenntnis des Lebensbegriffs betonen. Mit Max Black kann man die hier analysierte Metaphorik auch als eine „heuristic fiction“ (Black 1962: 229) bezeichnen, mit denen die Implikationskomplexe des Lebensbegriffs durch die Systembiolog*Innen im Interview semantisch exploriert, bedeutungsmäßig erschlossen und ausdifferenziert werden. Bedenkt man zudem, dass in den meisten Fällen einzelne Metaphern und die ihnen zugrunde liegenden Übertragungsprozesse auf unbewusstem Erfahrungswissen beruhen (Cassirer 1985, 1993; Polanyi 1966), dann ergibt sich hier die Möglichkeit einer disziplinenbezogenen Vertiefung.

Korreliert man die Ausgangsdomänen mit den wissenschaftlichen Disziplinen, in denen die interviewten Systembiolog*Innen ausgebildet wurden, dann zeigt sich, in welchem Maße der disziplinäre Erkenntnishintergrund die metaphorische Konzeptualisierung von „Leben“ beeinflusst (Abb.3). So konnte eine starke Korrelation zwischen den konzeptuellen Metaphern LEBEN IST EINE MASCHINE, LEBEN IST EIN NETZWERK und LEBEN IST EIN SYSTEM und Systembiolog*Innen mit einer ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung festgestellt werden, während vor allem Physiker und Biologen Kraft- und Interaktionsmetaphern bemühten. Allen gemein ist der Gebrauch der konzeptuellen Metapher LEBEN IST EIN RÄTSEL.

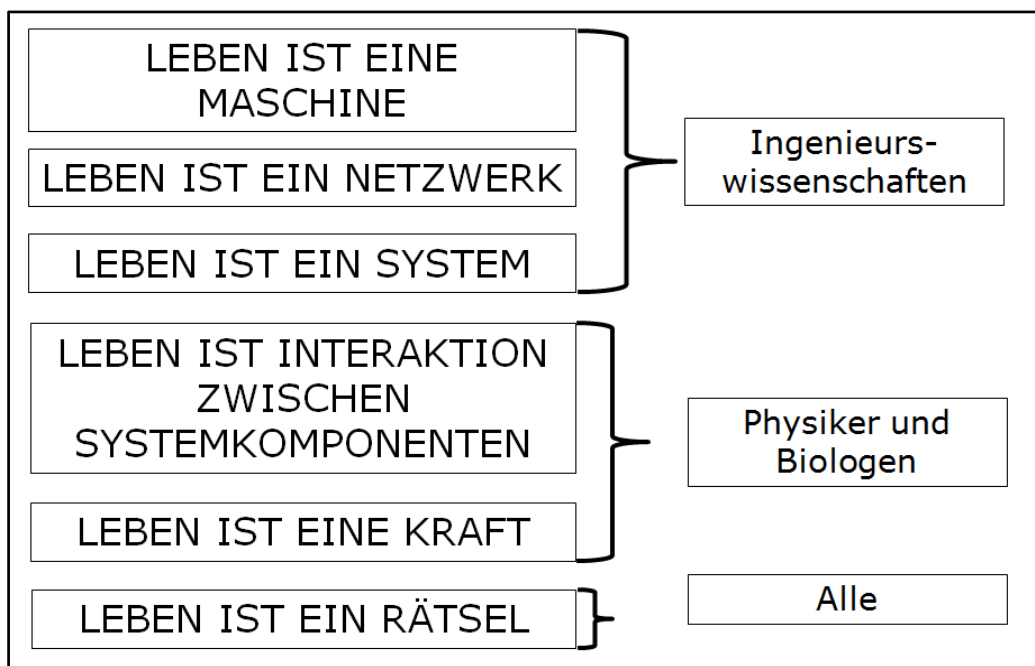


Abb. 3: Konzeptuelle Metaphern und fachliche Zugehörigkeit

Zusammenfassend betrachtet kann man also sagen, dass der Lebensbegriff in der Systembiologie semantisch durch einen Mix aus verschiedenen disziplinär und kulturell geprägten Metaphern gekennzeichnet ist, der allerdings technologische Aspekte deutlich betont. In diesem Sinne bestätigt unsere Untersuchung, dass die disziplinäre Ausbildung die aktuellen Vorstellungen vom „Leben“ in der Systembiologie mitbestimmt, während sich gleichzeitig ein Bemühen abzeichnet, Biologie und biologische Prozesse mit dynamischen Konzepten sowie Komplexitäts- und Selbstorganisationstheorien besser zu verstehen und abzubilden (Koutroufinis 2014). Dies wird in metaphorischen Bedeutungszuweisungen erkennbar, die die Interaktionen zwischen den Komponenten des Lebendigen und dessen Netzwerkstruktur betonen. Genau

hier böte sich eine weiterführende Vertiefung an, indem man Systembiolog*Innen z.B. für die Implikationen der Übertragungsprozesse in der verwendeten Maschinenmetaphorik sensibilisiert, um sie mit ihnen in Bezug auf disziplinäre Fragen sowie im Hinblick auf wissenschaftlich-technologische Weiterentwicklungen zu diskutieren. Insofern stellt die hier durchgeführte empirische Metaphernanalyse Ansatzpunkte für ein Critical Metaphor Assessment (Mambrey and Tepper 2000; Döring 2014) bereit, mit dem ein empirisch fundiertes Metawissen für eine kritische Selbstreflexion unausgesprochener Vorannahmen entwickelt werden kann (Liebert 1995; 1996). Mit einer solchen Analyse könnten wissenschaftssoziologische und epistemologische Implikationen neuerer Ansätze in den Biowissenschaften wissenschaftssoziologisch exploriert und kritisch geprüft werden. Die Leistungsfähigkeit eines Critical Metaphor Assessments für die Technikfolgenabschätzung, die Science and Technology Studies, die Wissenschaftssoziologie und die Wissenschaftsphilosophie ist bisher leider weitgehend übersehen worden. Dabei ginge es im Sinne von Jacobus Johannes Leeuw nicht darum, das wissenschaftliche Problem des Lebensbegriffs zu lösen, sondern erst einmal darum, die metaphorisch kondensierten Erfahrungen, epistemologischen Kulturen und soziokulturellen Implikationen des systembiologischen Lebensbegriffs als erfahrungsmäßig strukturiert zu verstehen und systematisch zu analysieren.

6. Bibliographie

- Ayala, F./ Arp, R. (eds.) (2009): *Contemporary Debates in the Philosophy of Biology*, Oxford.
- de Backer, P./ de Waele, D./ van Speybroeck, L. (2010): „Ins and outs of systems biology vis-à-vis molecular biology: continuation or clear-cut?“, in: *Acta Biotheoretica* 58, 15–49.
- Bernard, C. (1878): *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*, Paris.
- Black, M. (1962): *Models and Metaphors*, New York.
- Bonß, W./ Hohlfeld, R./ Kollek, R. (eds.) (1998): *Wissenschaft als Kontext, Kontexte der Wissenschaft*, Hamburg.
- Breitling, R. (2010): „What is systems biology?“, in: *Frontiers in Physiology* 1 (Article 9), 1-5.
- Brigandt, I. (2010): „Beyond reduction and pluralism - toward an epistemology of explanatory integration in biology“, in: *Erkenntnis* 73, 295– 311.

- Brigandt, I. (2013a): „Integration in biology: Philosophical perspectives on the dynamics of interdisciplinarity“, in: *Studies in History and Philosophy of Science Part C - Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 44(4), 461-465.
- Brigandt, I. (2013b): „Systems biology and the integration of mechanistic explanation and mathematical explanation“, in: *Studies in History and Philosophy of Science Part C - Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 44(4), 477-492.
- Brown, T. (2008): *Making Truth: Metaphor in Science*, Champaign.
- Byron, J. (2007): „Whence philosophy of biology?“, in: *British Journal of the Philosophy of Science* 58, 409-422.
- Calvert, J./Fujimura J. (2011): „Calculating life? Duelling discourses in interdisciplinary systems biology“, in: *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 42(2), 155-163.
- Calvert, J./Joly, P. (2011): „How did the gene become a chemical compound? Shifting ontologies of the gene and the patenting of DNA“, in: *Social Science Information* 50(2), 157-177.
- Cassirer, E. (1985): *Symbol, Technik, Sprache. Aufsätze aus den Jahren 1997-1933*, Hamburg.
- Cassirer, E. (1993): *Erkenntnis, Begriff, Kultur*, Hamburg.
- Charmaz, K. (2006): *Constructing Grounded Theory: A Practical Guide Through Qualitative Analysis*, London.
- Clarke, A. (2005): *Situational Analysis: Grounded Theory after the Postmodern Turn*, London.
- Corbin, J./Strauss, A. (2008): *Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory*, London.
- Crick, F. (1981): *Life itself: Its origin and nature*, London.
- Deamer, D. (2010): „Special collection of essays: What is life? Introduction“, in: *Astrobiology* 10(10), 1001-1002.
- Döring, M. (2005): „A sequence of ‘factishes’: The media metaphorical knowledge dynamics underlying the German press coverage of the human genome, June 2000 to June 2001“, in: *New Genetics and Society* 24(3), 317-336.
- Döring, M. (2012): „Leben systembiologisch. TA und Metaphor Assessment der Systembiologie“, in: *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis* 21(2), 36-42.
- Döring, M. (2014): „Metaphorische Moral in aktuellen biotechnologischen Diskursen. Ein Beitrag zur Analyse normativer Annahmen in der

- deutschen Presseberichterstattung zur Synthetischen Biologie“, in: Junge, M. (ed.): *Methoden der Metaphernforschung und -analyse*, Wiesbaden, 215-229.
- Döring, M./Petersen, I./Brüninghaus, A./Kollek, R. (2016): *Contextualising Systems Biology. Presuppositions and Implications of a New Approach in Biology*. Heidelberg.
- Dupré, J./O'Malley, M. (2007): „Metagenomics and biological ontology“, in: *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 38(4), 834-846.
- Fleck, L. (2011): *Denkstile und Tatsachen: Gesammelte Schriften und Zeugnisse*, Frankfurt am Main.
- Forgó, N./Kollek, R./Arning, M./Krügel, T./Petersen, I. (2010): *Ethical and Legal Requirements for Transnational Genetic Research*, München.
- Fox Keller, E. (1992): *Secrets of Life/Secrets of Death: Essays on Language, Gender and Science*, London.
- Fox Keller, E. (1995): *Refiguring Life: Metaphors of Twentieth-century Biology. The Welles Library Lecture Series at the University of California, Irvine*, New York.
- Fox Keller, E. (2002): *Making Sense of Life: Explaining Biological Development with Models, Metaphors, and Machines*, Harvard.
- Fujimura, J. (2005): „Postgenomic futures: translations across the machine-nature border in systems biology“, in: *New Genetics and Society* 24(2), 195-225.
- Ganti, T. (2003): *The Principles of Life*, Oxford.
- Gentner, D./Jeziorski, M. (1993): „The shift from metaphor to analogy in Western science“, in: Ortony, A. (ed.): *Metaphor and Thought*, 2nd ed., Cambridge, 447-480.
- Gibson, D. et al. (2010): „Creation of a bacterial cell controlled by chemical synthesized genome“, in: *Science* 329(5987), 52-56.
- Green, S./Wolkenhauer, O. (2012): *Integration in action*, in: *Embo Reports* 13, 769-771.
- Griffiths, K./Sterelny, P. (1999): *Sex and Death: An Introduction to the Philosophy of Biology*, Chicago.
- Haraway, D. (2004): *Crystal, Fabrics, and Fields: Metaphors that Shape Embryos*, Berkeley.
- Hesse, M. (1966): *Models and Analogies in Science*, Notre Dame.
- Hesse, M. (1970): „Theories and the transitivity of confirmation“, in: *Philosophy of Science* 37, 50-63.

- Hesse, M. (2005): *Forces and Fields: The Concept of Action at a Distance in the History of Physics*, New York.
- Hull, D./Ruse, M. (eds.) (2007): *The Cambridge Companion to the Philosophy of Biology*, Cambridge.
- Jäkel, O. (1997): *Metaphern in abstrakten Diskurs-Domänen. Eine kognitio-linguistische Untersuchung anhand der Bereiche Geistestätigkeit, Wirtschaft und Wissenschaft*, Frankfurt am Main.
- Johnson, M. (1987): *The Body in the Mind. The Bodily Basis of Meaning, Imagination, and Reason*, Chicago.
- Johnson, M. (1993): *Moral Imagination: Implications of Cognitive Science for Ethics*, Chicago.
- Johnson, M. (2007): *The Meaning of the Body: Aesthetics of human understanding*, Chicago.
- Johnson, M. (2014): *Morality for Humans. Ethical Understanding from the Perspective of Cognitive Science*, Chicago.
- Kastenhofer, K. (2013): „Two sides of the same coin? The (techno)epistemic cultures of systems and synthetic biology“, in: *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 44(2), 130-140.
- Kather, R. (2003): *Was ist Leben? Philosophische Positionen und Perspektiven*, Darmstadt.
- Katherndahl, D. (2014): „More than metaphor!“, in: *Journal of Evaluation in Clinical Practice* 20, 692-694.
- Kay, L. (1997): „Cybernetics, information, life: The emergence of scriptural representations of heredity“, in: *Configurations* 5, 23-91.
- Kay, L. (2000): *Who Wrote the Book of Life? A History of the Genetic Code*, Stanford.
- Knorr Cetina, K. (1981): *The Manufacture of Knowledge – An Essay on the Constructivist and contextual Nature of Science*, Oxford.
- Knorr-Cetina, K. (1999): *Epistemic Cultures: How the Sciences Make Knowledge*, Cambridge.
- Kollek, R./Döring, M. (2012): „TA-Implikationen der komplexen Beziehung zwischen Wissenschaft und Technik“, in: *TATuP* 2, 4-9.
- Köchy, K. (2008): *Biophilosophie zur Einführung*, Hamburg.
- Kohl, P./Crampin, E./Quinn, T./Noble, D. (2010): „Systems biology: an approach“, in: *Clinical Pharmacology and Therapeutics* 88(1), 25-33.
- Koutroufinis, S. (2014) „The Need for a New Biophilosophy“, in: Koutroufinis, S. (ed.) *Life and Process. Towards a new Biophilosophy*, Berlin, Boston, 1-35.

- Krohs, U./ Toepfer, G. (2005): *Philosophie der Biologie: Eine Einführung*, Frankfurt am Main.
- Lakoff, G. (1987): *Women, Fire, and Dangerous Things. What Categories Reveal about the Mind*, Chicago.
- Lakoff, G./Johnson, M. (1980): *Metaphors We Live By*, Chicago.
- Lakoff G./Johnson M. (1999): *Philosophy in the Flesh. The Embodied Mind and its Challenge to Western Thought*, Chicago.
- Leonelli, S. (2013): „Integrating data to acquire new knowledge: Three modes of integration in plant science“, in: *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 44(4), 503-514.
- Liebert, W.-A. (1995): „Metaphernreflexion in der Virologie. Das theoriesprachliche Lexikon der Metaphernmodelle als Sprachreflexionsmittel im Forschungsprozess (TLMSF). Eine exemplarische Studie am Beispiel der Aids-Forschung“. *Abschlussbericht zum DFG- Postdoktorandenstipendium Li 560 1-1/1-2*, Mannheim.
- Liebert, W.-A. (1996): „Hypertextdesign in der kognitiven Lexikographie. Das Hypermedia-Metaphernlexikon 'Lascaux'“, in: Wiegand, H.-E. (ed.): *Wörterbücher in der Diskussion. Vorträge aus dem Heidelberger lexikographischen Kolloquium*, Tübingen, 103-139.
- Maasen, S./Weingart, P. (2000): *Metaphors and the Dynamics of Knowledge*, London.
- Mambrey, P./Tepper, A. (2000): „Technology assessment as metaphor assessment. Visions guiding the development of information and communications technologies“, in: Grin, J./Grunwald, A. (eds.): *Vision assessment: Shaping technology in the 21st century society*, Berlin, 33-51.
- Marteau, T./Richards, M. (1996) (eds.): *The Troubled Helix: Social and Psychological Implications of the New Human Genetics*, Cambridge.
- Maynard-Smith, J. (1986): *The Problems of Biology*, Oxford.
- Mayr, E. (1997): *This is Biology: The Science of the Living World*, Cambridge.
- MacLeod, M./Nersessian, N. (2013): „The creative industry of integrative systems biology“, in: *Mind and Society* 12, 35-48.
- Merleau-Ponty, M. (2002): *Phenomenology of Perception*, London.
- Monod, J. (1970): *Le hasard et la nécessité: Essai sur la philosophie naturelle de la biologie moderne*, Paris.
- Morange, M. (2000): *A history of molecular biology*, Cambridge.

- Murphy, M./O'Neill, L. (eds.) (1997): *What is Life? The Next Fifty Years: Speculations on the Future of Biology*, Cambridge.
- Nerlich, B./Dingwall, R./Clarke, D. (2002): „The book of life: How the competition of the Human Genome Project was revealed to the public”, in: *Health* 6(4), 445-469.
- Nerlich, B./Clarke, D. (2003): „Anatomy of a media event: How arguments clashed in the 2001 human cloning debate”, in: *New Genetics and Society* 22(1), 43-59.
- Nerlich, B./ Elliott, R./Larson, B. (eds.) (2009): *Communicating Biological Sciences: Ethical and Metaphorical Dimensions*, Aldershot.
- Ofran, Y. (2008): „The two cultures and systems biology: How philosophy starts where science ends. The European Legacy”, in: *Toward New Paradigms* 13(5), 589-604.
- O'Malley, M./Dupré, J. (2005): „Fundamental issues in systems biology”, in: *BioEssays* 27, 1270-1276.
- O'Malley, M./Calvert, J./Dupré, J. (2007): „The study of socioethical issues in systems biology”, in: *American Journal of Bioethics* 7(4), 67-78.
- O'Malley, M./Soyer, O (2012): „The roles of integration in molecular systems biology”, in: *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 43(1), 58-68.
- Oparin, A. (1924): *The Origin of Life*, Moscow.
- Ouzounis, C./Mazière, P. (2006): „Maps, books and other metaphors for systems biology”, in: *Biosystems* 85(1), 6-10.
- Paton, R. (1996): „Metaphors, models and bioinformation”, in: *BioSystems* 38, 155-162.
- Plutynski, A. (2013): „Cancer and the goals of integration”, in: *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 44(4), 466-476.
- Polanyi, M. (1958): *Personal knowledge: Towards a post-critical philosophy*, Chicago.
- Polanyi, M. (1966): *The Tacit Dimension*, Chicago.
- Polanyi, M. (1977): *Meaning*, Chicago.
- Rosch, E. (1973): „Natural categories”, in: *Cognitive Psychology* 4, 328-350.
- Rosch, E. (1978): „Principles of categorization”, in: Rosch E./ Lloyd, B.B. (eds.): *Cognition and Categorization*, Hillsdale, 27-48.
- Rosch, E./Mervis, C./Wayne, D./Johnson, D./Boyes-Bream, P. (1976): „Basic objects in natural categories”, in: *Cognitive Psychology* 8, 382-439.

- Sattler, R. (1986): *Biophilosophy. Analytic and Holistic Perspectives*, New York.
- Schmitt, R. (2014): „Eine Übersicht über Methoden sozialwissenschaftlicher Metaphernanalysen“, in: Junge, M. (ed.): *Methoden der Metaphernforschung und -analyse*, Wiesbaden, 13-30.
- Schmitt, R. (2016): *Systematische Metaphernanalyse als Methode der qualitativen Sozialforschung*, Wiesbaden.
- Schrödinger, E. (1944): *What is Life?: The Physical Aspect of the Living Cell*, Cambridge.
- Schrödinger, E. (2012): *What is Life? With Mind and Matter and Autobiographical Sketches*, Cambridge.
- Sober, E. (1993): *Philosophy of Biology*, Oxford.
- Toepfer, G. (2005): „Der Begriff des Lebens“, in: Toepfer G./Krohs U. (eds.): *Philosophie der Biologie. Eine Einführung* Frankfurt am Main, 157-174.
- Tutton, R./Corrigan, O. (eds.) (2004): *Genetic Databases: Socio-ethical Issues in the Collection and Use of DNA*, London.
- Vigotsky, L. (2012): *Thought and Language*, Cambridge.